

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-031782

(43)Date of publication of application : 31.01.2002

(51)Int.Cl.

G02B 27/28
 G02B 5/30
 G02F 1/13363
 G03B 21/00
 G03B 33/12
 H04N 9/31

(21)Application number : 2000-217427

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 18.07.2000

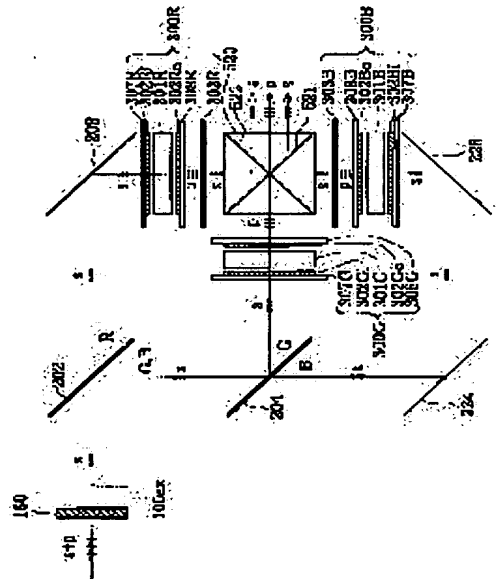
(72)Inventor : TAKEZAWA TAKESHI
 HASHIZUME TOSHIAKI
 KATO HISAMARO

(54) PROJECTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a technique which can lessen the deterioration in the optical characteristics of a phase difference layer used for a projector.

SOLUTION: This projector has an illumination optical system which emits illumination light, an electro-optic device which modulates the light from the illumination optical system according to image information and a projection optical system which projects the modulated ray flux obtained by the electro-optic device. The phase difference layer for changing the polarization state of the incident light and emitting this light is disposed in an optical path including the illumination optical system and the projection optical system. The phase difference layer is formed of a birefringent crystal, such as single crystal sapphire or quartz crystal.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-31782

(P2002-31782A)

(43) 公開日 平成14年1月31日 (2002.1.31)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 2 B 27/28		G 0 2 B 27/28	Z 2 H 0 4 9
5/30		5/30	2 H 0 9 1
G 0 2 F 1/13363		G 0 2 F 1/13363	2 H 0 9 9
G 0 3 B 21/00		G 0 3 B 21/00	E 5 C 0 6 0
33/12		33/12	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-217427(P2000-217427)

(22) 出願日 平成12年7月18日 (2000.7.18)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 竹澤 武士

長野県諏訪市大和三丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 橋爪 俊明

長野県諏訪市大和三丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100096817

弁理士 五十嵐 孝雄 (外3名)

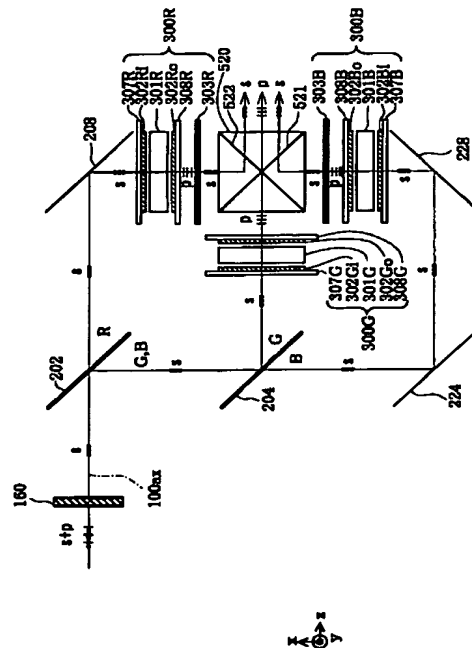
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プロジェクタ

(57) 【要約】

【課題】 プロジェクタに用いられる位相差層の光学特性の劣化を低減することのできる技術を提供する。

【解決手段】 プロジェクタは、照明光を射出する照明光学系と、照明光学系からの光を画像情報に応じて変調する電気光学装置と、電気光学装置で得られる変調光線束を投写する投写光学系とを備えている。照明光学系と投写光学系とを含む光路中には、入射する光の偏光状態を変更して射出するための位相差層が備えられており、位相差層は、単結晶サファイアや水晶などの複屈折性結晶で形成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 照明光を射出する照明光学系と、
前記照明光学系からの光を画像情報に応じて変調する電気光学装置と、
前記電気光学装置で得られる変調光線束を投写する投写光学系と、を備え、
前記照明光学系と前記投写光学系とを含む光路中には、
入射する光の偏光状態を変更して射出するための位相差層が備えられており、
前記位相差層は、複屈折性結晶で形成されていることを特徴とするプロジェクタ。

【請求項 2】 請求項 1 記載のプロジェクタであって、
前記複屈折性結晶は、一軸結晶である、プロジェクタ。

【請求項 3】 請求項 2 記載のプロジェクタであって、
前記一軸結晶は、単結晶サファイアまたは水晶である、
プロジェクタ。

【請求項 4】 請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載のプロジェクタであって、
前記照明光学系は、
所定の偏光光を射出する偏光発生部を備え、
前記偏光発生部は、
入射する光を 2 種類の偏光光に分離するための偏光分離部と、
前記偏光分離部から射出される 2 種類の偏光光のうちの一方を他方に揃えるための前記位相差層とを備える、
プロジェクタ。

【請求項 5】 請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載のプロジェクタであって、
前記電気光学装置は、その光入射面側と光射出面側とのうちの少なくとも一方に前記位相差層を備える、
プロジェクタ。

【請求項 6】 請求項 5 記載のプロジェクタであって、
前記電気光学装置は、偏光板を備えており、
前記偏光板は、前記電気光学装置の光入射面側と光射出面側とのうちの少なくとも一方に備えられた前記位相差層上に設けられている、
プロジェクタ。

【請求項 7】 カラー画像を投写表示するためのプロジェクタであって、
照明光を射出する照明光学系と、
前記照明光学系から射出された前記照明光を、3 つの色成分をそれぞれ有する第 1 ないし第 3 の色光に分離する色光分離光学系と、
前記色光分離光学系により分離された第 1 ないし第 3 の色光を、画像情報に応じて変調して、第 1 ないし第 3 の変調光線束を生成する第 1 ないし第 3 の電気光学装置と、
前記第 1 ないし第 3 の変調光線束を合成する色合成光学系と、
前記色合成光学系から射出される合成光を投写する投写光学系と、を備え、

前記照明光学系と前記投写光学系とを含む光路中には、
入射する光の偏光状態を変更して射出するための位相差層が備えられており、
前記位相差層は、複屈折性結晶で形成されていることを特徴とするプロジェクタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、画像を投写表示するプロジェクタに関する。

【0002】

【従来の技術】プロジェクタでは、照明光学系から射出された光を、液晶ライトバルブなどを用いて画像情報（画像信号）に応じて変調し、変調された光をスクリーン上に投写することにより画像表示を実現している。

【0003】液晶ライトバルブを用いたプロジェクタでは、通常、液晶ライトバルブに所定の直線偏光光を入射させる。そして、光源から射出された偏りのない光を効率よく液晶ライトバルブに入射させるために、照明光学系には、光源から射出された偏りのない光を所定の直線偏光光に変換して射出するための偏光発生部が備えられている。

【0004】偏光発生部は、入射する偏りのない光を 2 種類の直線偏光光に分離するための偏光分離部と、偏光分離部から射出される 2 種類の直線偏光光のうちの一方を他方の直線偏光光に揃えるための位相差層とを備えている。

【0005】従来では、位相差層として、ポリビニルアルコール（PVA）フィルムをトリアセチルセルロース（TAC）フィルムで挟み込んだ位相差フィルムなどの有機材料系の位相差フィルムが用いられていた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような有機材料系の位相差フィルムを用いる場合には、位相差フィルムを光が通過することによって、位相差フィルムが発熱し、この結果、位相差フィルムの光学特性が劣化してしまうという問題があった。

【0007】この発明は、従来技術における上述の課題を解決するためになされたものであり、プロジェクタに用いられる位相差層の光学特性の劣化を低減することのできる技術を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】上述の課題の少なくとも一部を解決するため、本発明の第 1 の装置は、プロジェクタであって、照明光を射出する照明光学系と、前記照明光学系からの光を画像情報に応じて変調する電気光学装置と、前記電気光学装置で得られる変調光線束を投写する投写光学系と、を備え、前記照明光学系と前記投写光学系とを含む光路中には、入射する光の偏光状態を変更して射出するための位相差層が備えられており、前記位相差層は、複屈折性結晶で形成

されていることを特徴とする。

【0009】本発明の第1の装置では、照明光学系と投写光学系とを含む光路中に備えられた位相差層として、複屈折性結晶で形成された位相差層が用いられているので、位相差層の光学特性の劣化を低減することが可能となる。

【0010】上記の装置において、前記複屈折性結晶は、一軸結晶であることが好ましい。

【0011】このように、一軸結晶を用いれば、所望の光学特性を発揮する位相差層を容易に設計することが可能となる。

【0012】また、上記の装置において、前記一軸結晶は、単結晶サファイアまたは水晶であるようにしてもよい。

【0013】単結晶サファイアや水晶は、熱伝導率が比較的高いため、位相差層自体の温度上昇を低減させることができ、この結果、単結晶サファイアや水晶の光学特性の温度依存性を低減することが可能となる。

【0014】上記の装置において、前記照明光学系は、所定の偏光光を射出する偏光発生部を備え、前記偏光発生部は、入射する光を2種類の偏光光に分離するための偏光分離部と、前記偏光分離部から射出される2種類の偏光光のうち的一方を他方に揃えるための前記位相差層とを備えるようにしてもよい。

【0015】あるいは、上記の装置において、前記電気光学装置は、その光入射面側と光射出面側とのうちの少なくとも一方に前記位相差層を備えるようにしてもよい。

【0016】こうすれば、偏光発生部や電気光学装置などにおいて用いられる位相差層の光学特性の劣化を低減させることができる。

【0017】また、上記の装置において、前記電気光学装置は、偏光板を備えており、前記偏光板は、前記電気光学装置の光入射面側と光射出面側とのうちの少なくとも一方に備えられた前記位相差層上に設けられているようにしてもよい。

【0018】こうすれば、位相差層は、偏光板を保持する保持基板として機能するとともに、偏光板の発熱を放出することにより、偏光板の温度上昇を低減させることができる。

【0019】本発明の第2の装置は、カラー画像を投写表示するためのプロジェクタであって、照明光を射出する照明光学系と、前記照明光学系から射出された前記照明光を、3つの色成分をそれぞれ有する第1ないし第3の色光に分離する色光分離光学系と、前記色光分離光学系により分離された第1ないし第3の色光を、画像情報に応じて変調して、第1ないし第3の変調光線束を生成する第1ないし第3の電気光学装置と、前記第1ないし第3の変調光線束を合成する色合成光学系と、前記色合成光学系から射出される合成光を投写する投写光学系

と、を備え、前記照明光学系と前記投写光学系とを含む光路中には、入射する光の偏光状態を変更して射出するための位相差層が備えられており、前記位相差層は、複屈折性結晶で形成されていることを特徴とする。

【0020】本発明の第2の装置でも、位相差層は複屈折性結晶で形成されているので、第1の装置と同様の作用・効果を奏し、位相差層の光学特性の劣化を低減することが可能となる。

【0021】

10 【発明の実施の形態】A. 第1実施例：本発明の実施の形態を実施例に基づき説明する。図1は、本発明を適用したプロジェクタを示す説明図である。プロジェクタ1000は、光源装置120を含む照明光学系100と、色光分離光学系200と、リレー光学系220と、3つの液晶ライトバルブ300R、300G、300Bと、クロスダイクロイックプリズム520と、投写レンズ540とを備えている。

20 【0022】照明光学系100（図1）から射出された光は、色光分離光学系200において赤（R）、緑（G）、青（B）の3色の色光に分離される。分離された各色光は、液晶ライトバルブ300R、300G、300Bにおいて画像情報に応じて変調される。変調された各色光は、クロスダイクロイックプリズム520で合成され、投写レンズ540によってスクリーンSC上にカラー画像が投写表示される。

40 【0023】図2は、図1の照明光学系100を拡大して示す説明図である。この照明光学系100は、光源装置120と、第1および第2のレンズアレイ140、150と、偏光発生光学系160と、重畳レンズ170とを備えている。光源装置120と第1および第2のレンズアレイ140、150とは、光源光軸120axを基準として配置されており、偏光発生光学系160と重畳レンズ170とは、システム光軸100axを基準として配置されている。光源光軸120axは、光源装置120から射出される光線束の中心軸であり、システム光軸100axは、偏光発生光学系160より後段の光学素子から射出される光線束の中心軸である。図示するように、システム光軸100axと光源光軸120axとは、x方向に所定のずれ量Dpだけほぼ平行にずれている。このずれ量Dpについては後述する。なお、図2において照明光学系100が照明する照明領域LAは、図1の液晶ライトバルブ300R、300G、300Bに対応する。

50 【0024】光源装置120は、略平行な光線束を射出する機能を有している。光源装置120は、発光管122と、回転楕円面形状の凹面を有するリフレクタ124、と平行化レンズ126とを備えている。発光管122から射出された光は、リフレクタ124によって反射され、反射光は、平行化レンズ126によって光源光軸120axにほぼ平行な光に変換される。なお、光源装

置としては、回転放物面形状の凹面を有するリフレクタを用いてもよい。

【0025】第1のレンズアレイ140は、マトリクス状に配列された複数の小レンズ142を有している。各小レンズ142は平凸レンズであり、z方向から見たときの外形形状は、照明領域LA（液晶ライトバルブ）と相似形となるように設定されている。第1のレンズアレイ140は、光源装置120から射出された略平行な光線束を複数の部分光線束に分割して射出する。

【0026】第2のレンズアレイ150は、マトリクス状に配列された複数の小レンズ152を有しており、第1のレンズアレイ140と同様のものが用いられている。第2のレンズアレイ150は、第1のレンズアレイ140から射出された部分光線束のそれぞれの中心軸をシステム光軸100axとほぼ平行に揃える機能を有しているとともに、第1のレンズアレイ140の各小レンズ142の像を照明領域LA上に結像させる機能を有している。

【0027】第1のレンズアレイ140の各小レンズ142から射出された部分光線束は、図示するように、第2のレンズアレイ150を介して、その近傍位置、すなわち、偏光発生光学系160内において集光される。

【0028】図3は、偏光発生光学系160を示す説明図である。図3（A）は、偏光発生光学系160の斜視図を示しており、図3（B）は、+y方向から見たときの平面図の一部を示している。偏光発生光学系160は、遮光板62と、偏光ビームスプリッタアレイ64と、選択位相差板66とを備えている。なお、偏光発生光学系160は、本発明における偏光発生部に相当する。

【0029】偏光ビームスプリッタアレイ64は、図3（A）に示すように、略平行四辺形の断面を有する柱状のガラス材64cが複数貼り合わされて構成されている。各ガラス材64cの界面には、偏光分離膜64aと反射膜64bとが交互に形成されている。なお、偏光分離膜64aとしては誘電体多層膜が用いられ、反射膜64bとしては誘電体多層膜や金属膜が用いられる。

【0030】遮光板62は、遮光面62bと開口面62aとがストライプ状に配列されて構成されている。遮光板62は、遮光面62bに入射する光線束を遮り、開口面62aに入射する光線束を通過させる機能を有している。遮光面62bと開口面62aとは、第1のレンズアレイ140（図2）から射出された部分光線束が偏光ビームスプリッタアレイ64の偏光分離膜64aのみに入射し、反射膜64bには入射しないように配列されている。具体的には、図3（B）に示すように、遮光板62の開口面62aの中心は、偏光ビームスプリッタアレイ64の偏光分離膜64aの中心とほぼ一致するように配置されている。また、開口面62aのx方向の開口幅Wpは、偏光分離膜64aのx方向の大きさとはほぼ等しく

設定されている。このとき、遮光板62の開口面62aを通過した光線束は、偏光分離膜64aのみに入射し、反射膜64bには入射しないこととなる。なお、遮光板62としては、平板状の透明体（例えばガラス板）に遮光性の膜（例えばクロム膜や、アルミニウム膜、誘電体多層膜など）を部分的に形成したものを用いることができる。また、アルミニウム板のような遮光性の平板に開口部を設けたものを用いてもよい。

【0031】第1のレンズアレイ140（図2）から射出された各部分光線束は、図3（B）に実線で示すように、その主光線（中心軸）がシステム光軸100axにほぼ平行に遮光板62の開口面62aに入射する。開口面62aを通過した部分光線束は、偏光分離膜64aに入射する。偏光分離膜64aは、入射した部分光線束をs偏光の部分光線束とp偏光の部分光線束とに分離する。このとき、p偏光の部分光線束は偏光分離膜64aを透過し、s偏光の部分光線束は偏光分離膜64aで反射される。偏光分離膜64aで反射されたs偏光の部分光線束は、反射膜64bに向かい、反射膜64bにおいてさらに反射される。このとき、偏光分離膜64aを透過したp偏光の部分光線束と、反射膜64bで反射したs偏光の部分光線束とは、互いにほぼ平行となっている。

【0032】選択位相差板66は、開口層66aと $\lambda/2$ 位相差層66bとによって構成されている。開口層66aは、入射する直線偏光光をそのまま透過する機能を有している。一方、 $\lambda/2$ 位相差層66bは、入射する直線偏光光を、偏光方向が直交する直線偏光光に変換する偏光変換素子としての機能を有している。本実施例においては、図3（B）に示すように、偏光分離膜64aを透過したp偏光の部分光線束は、 $\lambda/2$ 位相差層66bに入射する。したがって、p偏光の部分光線束は、 $\lambda/2$ 位相差層66bにおいて、s偏光の部分光線束に変換されて射出される。一方、反射膜64bで反射されたs偏光の部分光線束は、開口層66aに入射するので、s偏光の部分光線束のまま射出される。すなわち、偏光発生光学系160に入射した偏りのない部分光線束は、s偏光の部分光線束に変換されて射出されることとなる。なお、反射膜64bで反射されるs偏光の部分光線束の射出面だけに $\lambda/2$ 位相差層66bを配置することにより、偏光発生光学系160に入射する部分光線束をp偏光の部分光線束に変換して射出することもできる。選択位相差板66としては、開口層66aの部分に何も設けず、単に、 $\lambda/2$ 位相差層66bをp偏光の部分光線束またはs偏光の部分光線束の射出面に貼りつけるようなものであってもよい。

【0033】図3（B）から分かるように、偏光発生光学系160から射出される2つのs偏光光の中心は、入射する偏りのない光（s偏光光+p偏光光）の中心よりも+x方向にずれている。このずれ量は、 $\lambda/2$ 位相差

層66bの幅 W_p （すなわち、偏光分離膜64aのx方向の大きさ）の半分に等しい。このため、図2に示すように、光源光軸120axとシステム光軸100axとは、 $W_p/2$ に等しい距離 D_p だけずれている。

【0034】第1のレンズアレイ140から射出された複数の部分光線束は、上記のように、偏光発生光学系160によって各部分光線束ごとに2つの部分光線束に分離されるとともに、それぞれ偏光方向の揃ったほぼ1種類の直線偏光光に変換される。偏光方向の揃った複数の部分光線束は、図2に示す重畳レンズ170によって照明領域LA上で重畳されることとなる。このとき、照明領域LAを照射する光の強度分布は、ほぼ均一となっている。

【0035】照明光学系100（図1）は、偏光方向の揃った照明光（s偏光光）を射出し、色光分離光学系200やリレー光学系220を介して、液晶ライトバルブ300R、300G、300Bを照明する。

【0036】色光分離光学系200は、2枚のダイクロイックミラー202、204と、反射ミラー208とを備えており、照明光学系100から射出される光線束を、赤、緑、青の3色の色光に分離する機能を有する。第1のダイクロイックミラー202は、照明光学系100から射出された光の赤色光成分を透過させるとともに、青色光成分と緑色光成分とを反射する。第1のダイクロイックミラー202を透過した赤色光Rは、反射ミラー208で反射されて、クロスダイクロイックプリズム520へ向けて射出される。色光分離光学系200から射出された赤色光Rは、フィールドレンズ232を通過して赤色光用の液晶ライトバルブ300Rに達する。このフィールドレンズ232は、照明光学系100から射出された各部分光線束をその中心軸に対して平行な光線束に変換する機能を有している。なお、他の液晶ライトバルブ300G、300Bの光入射面側に設けられたフィールドレンズ234、230についても同様である。

【0037】第1のダイクロイックミラー202で反射された青色光Bと緑色光Gのうち、緑色光Gは第2のダイクロイックミラー204によって反射されて、色光分離光学系200からクロスダイクロイックプリズム520へ向けて射出される。色光分離光学系200から射出された緑色光Gは、フィールドレンズ234を通過して緑色光用の液晶ライトバルブ300Gに達する。一方、第2のダイクロイックミラー204を透過した青色光Bは、色光分離光学系200から射出されて、リレー光学系220に入射する。

【0038】リレー光学系220に入射した青色光Bは、リレー光学系220に備えられた入射側レンズ222、リレーレンズ226および反射ミラー224、228および射出側レンズ（フィールドレンズ）230を通過して青色光用の液晶ライトバルブ300Bに達する。なお、青色光Bにリレー光学系220が用いられているの

は、青色光Bの光路の長さが他の色光R、Gの光路の長さよりも大きいためであり、リレー光学系220を用いることにより入射側レンズ222に入射した青色光Bをそのまま、射出側レンズ230に伝えることができる。

【0039】3つの液晶ライトバルブ300R、300G、300Bは、与えられた画像情報（画像信号）に従って、入射した3色の色光をそれぞれ変調して変調光線束を生成する。各液晶ライトバルブは、それぞれ、液晶パネルと、その光入射面側および光射出面側に配置された偏光板とを備えている。なお、液晶ライトバルブの詳細については、さらに、後述する。

【0040】クロスダイクロイックプリズム520は、液晶ライトバルブ300R、300G、300Bを通過して変調された3色の色光（変調光線束）を合成してカラー画像を表す合成光を生成する。クロスダイクロイックプリズム520には、赤色光反射膜521と青色光反射膜522とが、4つの直角プリズムの界面に略X字状に形成されている。赤色光反射膜521は、赤色光を選択して反射する誘電体多層膜によって形成されており、青色光反射膜522は、青色光を選択して反射する誘電体多層膜によって形成されている。これらの赤色光反射膜521と青色光反射膜522によって3つの色光が合成されて、カラー画像を表す合成光が生成される。

【0041】クロスダイクロイックプリズム520で生成された合成光は、投写レンズ540の方向に射出される。投写レンズ540は、クロスダイクロイックプリズム520から射出された合成光を投写して、スクリーンSC上にカラー画像を表示する。なお、投写レンズ540としてはテレセントリックレンズを用いることができる。

【0042】図4は、図1の液晶ライトバルブ300R、300G、300Bを拡大して示す説明図である。なお、図4では、図1の偏光発生光学系160からクロスダイクロイックプリズム520に至るまでの概略の光学系が、偏光方向に注目して描かれている。

【0043】図2において説明したように、偏光発生光学系160はs偏光光を射出する。s偏光光は、前述したように2つのダイクロイックミラー202、204によって赤色光Rと緑色光Gと青色光Bとに分離される。ダイクロイックミラー202、204を通過する際には偏光方向は変化しないので、3色の光はs偏光光のままである。

【0044】第1のダイクロイックミラー202で分離されたs偏光の赤色光Rは、反射ミラー208で反射され、第1の液晶ライトバルブ300Rに入射する。液晶ライトバルブ300Rは、液晶パネル301Rと、その光入射面側および光射出面側に設けられた2つの偏光板302Ri、302Roとを備えている。また、液晶パネル301Rの光射出面側には、 $\lambda/2$ 位相差板303Rが備えられている。第1および第2の偏光板302R

i, 302Roは、それぞれ第1および第2のガラス基板307R, 308Rに貼り付けられている。第1および第2の偏光板302Ri, 302Roの偏光軸は、互いに直交するように設けられており、第1の偏光板302Riはs偏光光を透過するs偏光透過用偏光板であり、第2の偏光板302Roはp偏光光を透過するp偏光透過用偏光板である。

【0045】第1の液晶ライトバルブ300Rに入射したs偏光の赤色光Rは、ガラス基板307Rとs偏光透過用偏光板302Riとをほぼそのまま透過して、液晶パネル301Rに入射する。液晶パネル301Rは入射したs偏光光の一部をp偏光光に変換し、光射出面側に配置されたp偏光透過用偏光板302Roからは、p偏光光のみが射出される。p偏光透過用偏光板302Roから射出されたp偏光光は、ガラス基板308Rを介して $\lambda/2$ 位相差板303Rに入射し、 $\lambda/2$ 位相差板303Rにおいてs偏光光に変換されて射出される。

【0046】第2のダイクロイックミラー204で分離されたs偏光の緑色光Gは、そのまま第2の液晶ライトバルブ300Gに入射する。第2の液晶ライトバルブ300Gは、液晶パネル301Gと、液晶パネル301Gの光入射面側に設けられたs偏光透過用偏光板302Giと、光射出面側に設けられたp偏光透過用偏光板302Goとを備えている。第1および第2の偏光板302Gi, 302Goは、それぞれガラス基板307G, 308Gに貼り付けられている。第2の液晶ライトバルブ300Gに入射するs偏光の緑色光Gは、ガラス基板307Gとs偏光透過用偏光板302Giとをほぼそのまま透過し、液晶パネル301Gに入射する。液晶パネル301Gは入射したs偏光光の一部をp偏光光に変換し、光射出面側に配置されたp偏光透過用偏光板302Goからは、p偏光光のみが射出される。p偏光透過用偏光板302Goから射出されたp偏光光はガラス基板308Gをほぼそのまま通過する。

【0047】第2のダイクロイックミラー204で分離されたs偏光の青色光Bは、2つの反射ミラー224, 228で反射され、第3の液晶ライトバルブ300Bに入射する。第3の液晶ライトバルブ300Bは、液晶パネル301Bと、2つの偏光板302Bi, 302Boと、 $\lambda/2$ 位相差板303Bと、第1の偏光板302Biが貼り付けられた第1のガラス基板307Bと、第2の偏光板302Biが貼り付けられた第2のガラス基板308Bとを備えている。なお、第3の液晶ライトバルブ300Bの構成は、第1の液晶ライトバルブ300Rの構成と同じである。

【0048】本実施例では3つの液晶ライトバルブ300R, 300G, 300Bの光入射面側にはすべてs偏光透過用偏光板302Ri, 302Gi, 302Biが設けられており、光射出面側にはすべてp偏光透過用偏光板302Ro, 302Go, 302Boが設けられて

いる。このとき、液晶パネル301R, 301G, 301Bの液晶の配向状態は同一に設定される。

【0049】また、本実施例において第1および第3の液晶ライトバルブ300R, 300Bから射出される光がs偏光光となり、第2の液晶ライトバルブ300Gから射出される光がp偏光光となるように、各液晶ライトバルブが構成されている。これは、クロスダイクロイックプリズム520の光の利用効率を高めるためである。すなわち、クロスダイクロイックプリズム520に形成された2つの反射膜521, 522の反射特性は、s偏光光の方がp偏光光よりも優れており、逆に、透過特性は、p偏光光の方がs偏光光よりも優れている。このため、2つの反射膜521, 522で反射すべき光をs偏光光とし、2つの反射膜521, 522を透過すべき光をp偏光光としている。

【0050】なお、本実施例の第1ないし第3の液晶ライトバルブ300R, 300G, 300Bは、本発明における第1ないし第3の電気光学装置に相当する。一般に、電気光学装置の語は、液晶パネルのみを示す狭義の電気光学装置を意味する場合もあるが、本明細書では、液晶パネルの他に偏光板や $\lambda/2$ 位相差板などを含む広義の電気光学装置を意味している。

【0051】ところで、本実施例において、図3に示す偏光発生光学系160の $\lambda/2$ 位相差層66bと、図4に示す第1および第3の液晶ライトバルブ300R, 300Bの光射出面側に設けられた $\lambda/2$ 位相差板303R, 303Gとは、水晶で形成されている。このように、水晶を用いても $\lambda/2$ 位相差板を形成することができる。ここで、水晶とは、 SiO_2 の単結晶を意味している。水晶としては、人工水晶を用いてもよいし、天然水晶を用いてもよい。

【0052】図5は、水晶の結晶構造を示す説明図である。水晶は、三方晶系の結晶であり、R面、r面、m面などの結晶面に囲まれている。また、図示するような関係で、水晶のX軸、Y軸、Z軸が決定されている。

【0053】なお、以下では、図4に示す第1の液晶ライトバルブ300Rの光射出面側に設けられた $\lambda/2$ 位相差板303Rを例に説明するが、第3の液晶ライトバルブ300Bの光射出面側に設けられた $\lambda/2$ 位相差板303Bや図3に示す偏光発生光学系160の $\lambda/2$ 位相差層66bについても同様である。

【0054】図6は、第1の液晶ライトバルブ300Rの光射出面側に設けられた $\lambda/2$ 位相差板303Rを拡大して示す説明図である。 $\lambda/2$ 位相差板303R（以下、「水晶基板」とも呼ぶ）は、図5に示す水晶のZ軸（すなわち、光学軸）が基板の表面Sに平行になるように、そして、基板の厚みdが所定の厚さになるように形成されている。この $\lambda/2$ 位相差板303Rは、図5に示す水晶を順次研磨してゆくことにより得られる。例えば、図5に示すY軸およびZ軸によって形成されるYZ

面に平行な面が、基板の表面Sとなるように研磨することにより、 $\lambda/2$ 位相差板303Rを得ることができ。なお、図6では、図示の便宜上、 $\lambda/2$ 位相差板303Rの厚みdは、かなり拡大して描かれている。

【0055】図6に示すように、 $\lambda/2$ 位相差板303Rには、p偏光透過用の第2の偏光板302Ro（図4）から射出されたp偏光光が入射する。 $\lambda/2$ 位相差板303Rは、入射するp偏光光（直線偏光光）の電界ベクトルの振動方向と水晶の光学軸（Z軸）との成す角が約45°となるように、光路上に配置されている。水晶基板303Rに入射したp偏光光は、水晶基板303R中で等しい振幅を有する常光線と異常光線とに別れ、*

$$d = \frac{\lambda}{2(n_e - n_o)} \cdot (1 + 2m)$$

$$m = 0, 1, 2, 3 \dots$$

【0059】ここで、 λ は入射する光の波長であり、mは0以上の整数である。また、 n_o は常光線の屈折率（常光線屈折率）であり、 n_e は異常光線の屈折率（異常光線屈折率）である。

【0060】なお、水晶の可視光に対する常光線屈折率は、波長 λ が約404.7nm、約546.1nm、約656.3nmのとき、それぞれ約1.557、約1.546、約1.542である。同様に、異常光線屈折率は、波長 λ が約404.7nm、約546.1nm、約656.3nmのとき、それぞれ約1.567、約1.555、約1.551である。

【0061】式(1)から分かるように、整数mの値が比較的小さい場合には、 $\lambda/2$ 位相差板303Rの厚みdは比較的小さくなる。この場合には、 $\lambda/2$ 位相差板303Rによって発生する位相差の波長依存性や、入射光の入射角依存性、温度依存性などを小さくすることができるという利点がある。一方、整数mの値が比較的大きい場合には、 $\lambda/2$ 位相差板303Rの厚みdは比較的大きくなる。この場合には、 $\lambda/2$ 位相差板303Rによって発生する位相差の波長依存性が大きくなるので、波長選択性を高めることができるという利点があるとともに、 $\lambda/2$ 位相差板303Rの取り扱いが容易となるという利点がある。 $\lambda/2$ 位相差板303Rを、図4に示すように、独立して設ける場合には、厚みdを約300 μ m以上にすることが好ましい。しかしながら、 $\lambda/2$ 位相差板303Rを、図4のガラス基板308Rやクロスダイクロイックプリズム520などの保持機能を有する保持部材に貼り付けて用いる場合には、厚みdをさらに小さくすることも可能である。

【0062】ところで、上記では、 $\lambda/2$ 位相差板303Rとして水晶を用いる場合について説明したが、水晶に代えて単結晶サファイアを用いるようにしてもよい。単結晶サファイアの熱伝導率は水晶の熱伝導率よりも大

*異なる位相速度で水晶基板303R中を進む。

【0056】水晶基板303Rの厚みdは、常光線と異常光線との位相差がほぼ π ずれるような厚み、換言すれば、 $1/2$ 波長分ずれるような厚みに設定されている。これにより、 $\lambda/2$ 位相差板303Rからは、入射したp偏光光（直線偏光光）の電界ベクトルの振動方向と直交する振動方向を有するs偏光光（直線偏光光）が射出される。

【0057】水晶基板303Rの厚みdは、次の式

(1)に従って設定されている。

【0058】

【数1】

$$\dots\dots (1)$$

きい。このため、単結晶サファイアを用いる場合には、 $\lambda/2$ 位相差板303R自体の温度上昇をより低減させることができるという利点がある。一方、上記のように、水晶を用いる場合には、 $\lambda/2$ 位相差板を比較的容易に作製することができるという利点がある。これは、水晶（人工水晶）は、周知のオートクレーブと呼ばれる育成炉を用いて一度に大量に製造され、また、単結晶サファイアよりも硬度が低いため、所定形状とするための加工が容易だからである。なお、単結晶サファイアを用いる場合にも、単結晶サファイアの光学軸は、図6に示す水晶の光学軸（Z軸）と同様に設定される。

【0063】このように、単結晶サファイアや水晶を用いる場合には、熱伝導率が比較的高いため、 $\lambda/2$ 位相差板303R自体の温度上昇を低減させることができ、この結果、単結晶サファイアや水晶の光学特性の温度依存性を低減することができる。

【0064】なお、上記の水晶は、三方晶系の結晶であり、単結晶サファイアは、六方晶系の結晶である。このように、三方晶系や六方晶系、正方晶系の結晶などの光学軸を1つだけ有する一軸結晶を用いれば、上記のような $\lambda/2$ 位相差板303Rを作製することができる。一軸結晶としては、上記の水晶や単結晶サファイアの他に、三方晶系の方解石（CaCO₃）や六方晶系の硫化カドミウム（CdS）などを用いることも可能である。なお、式(1)は、水晶のような $n_o > n_e$ となる正結晶の場合の式であり、方解石のような $n_o > n_e$ となる負結晶の場合には、式(1)の n_o と n_e とを入れ替えた式を用いればよい。

【0065】また、 $\lambda/2$ 位相差板303Rとしては、雲母などの二軸結晶を用いることも可能である。雲母については、二軸結晶であるが、実用上は一軸結晶として取り扱うことができる。なお、二軸結晶とは、三斜晶系や単斜晶系、斜方晶系などの光学軸を2つ有する結晶を

意味している。

【0066】一般に、位相差板としては、一軸結晶や二軸結晶などの複屈折を生じさせるような複屈折性結晶を用いることができる。なお、一軸結晶を用いる場合の方が、所望の光学特性を発揮する位相差板を容易に設計することができるという利点がある。

【0067】以上、説明したように、本実施例のプロジェクタ1000では、照明光学系100は、所定の偏光光を射出する偏光発生光学系160を備えており、偏光発生光学系160は、入射する光を2種類の偏光光に分離するための偏光ビームスプリッタアレイ64と、偏光ビームスプリッタアレイ64から射出される2種類の偏光光のうちの一方を他方に揃えるための $\lambda/2$ 位相差層66bとを備えている。また、本実施例の第1および第3の液晶ライトバルブ300R、300Bは、その光射出面側に $\lambda/2$ 位相差板303R、303Bを備えている。このような $\lambda/2$ 位相差層66bや $\lambda/2$ 位相差板303R、303Bとして、水晶などの複屈折性結晶で形成された位相差層を用いれば、従来の位相差フィルムを用いる場合と比べて、位相差層の発熱による光学特性の劣化をかなり低減させることができるとともに、位相差層の耐久性を向上させることが可能となる。

【0068】B、第2実施例：図7は、第2実施例における液晶ライトバルブ300Ra、300Ga、300Baを拡大して示す説明図である。本実施例の液晶ライトバルブ300Ra、300Ga、300Baは、第1実施例(図4)の液晶ライトバルブ300R、300G、300Bとほぼ同じ構成を有しているが、第1および第3の液晶ライトバルブ300Ra、300Baの光射出面側の構成が変更されている。

【0069】具体的には、第1実施例(図4)においては、第1の液晶ライトバルブ300Rの光射出面側の偏光板302Roはガラス基板308R上に設けられており、 $\lambda/2$ 位相差板303Rは独立して設けられているが、本実施例においては、光射出面側の偏光板302Roは $\lambda/2$ 位相差板303R上に設けられている。なお、第3の液晶ライトバルブ300Baの光射出面側についても同様である。

【0070】本実施例のように、 $\lambda/2$ 位相差板303R上に偏光板302Roが設けられている場合には、 $\lambda/2$ 位相差板303Rが偏光板302Roを保持することができるので、図4に示す偏光板302Roを保持するためのガラス基板308Rを省略することが可能となる。

$$d = \frac{\lambda}{4(n_e - n_o)} \cdot (1 + 4m)$$

$$m = 0, 1, 2, 3 \dots$$

*

$$\dots\dots (2)$$

*【0071】ところで、偏光板302Roは、液晶パネル301Rから射出された変調光が入射する際、所定の偏光成分(p偏光光)以外の光成分を遮るため、発熱する。このような発熱は、偏光板の光学特性を劣化させる原因となるので、偏光板の温度はできるだけ低くすることが好ましい。単結晶サファイアや水晶などは、ガラスよりも熱伝導率が高い。したがって、 $\lambda/2$ 位相差板303Rとして、単結晶サファイアや水晶で形成された基板を用いれば、ガラス基板308Rを用いる場合より、偏光板302Roの発熱による温度上昇をかなり低減させることが可能となる。

【0072】なお、水晶の熱伝導率は、Z軸に平行な方向と垂直な方向とで異なっている。すなわち、水晶の熱伝導率は、Z軸に平行な方向で約9.3(W/(m・k))であり、Z軸に垂直な方向で約5.4(W/(m・k))である。このように、水晶は、Z軸に平行な方向の熱伝導率の方が大きくなっているため、本実施例のように、水晶のZ軸が基板の表面とほぼ平行に設定された水晶基板303Rを用いる場合には、偏光板302Roの温度上昇を効率よく低減させることができるとともに、偏光板302Roの面内温度分布をより均一にすることができるという利点がある。

【0073】C、第3実施例：図8は、第3実施例における液晶ライトバルブ300Rb、300Gb、300Bbを拡大して示す説明図である。本実施例の液晶ライトバルブ300Rb、300Gb、300Bbは、第2実施例(図7)の液晶ライトバルブ300Ra、300Ga、300Baとほぼ同じ構成を有しているが、第1および第3の液晶ライトバルブ300Rb、300Bbの光射出面側の構成が変更されている。

【0074】具体的には、第2実施例(図7)においては、第1の液晶ライトバルブ300Raの光射出面側の偏光板302Roは、 $\lambda/2$ 位相差板303R上に設けられているが、本実施例においては、光射出面側の偏光板302Roは、第1の $\lambda/4$ 位相差板303R1上に設けられている。そして、クロスダイクロイックプリズム520の光入射面には第2の $\lambda/4$ 位相差板303R2が設けられている。

【0075】 $\lambda/4$ 位相差板303R1、303R2としての水晶基板の厚みdは、例えば、次の式(2)に従って設定されている。

【0076】

【数2】

【0077】なお、2つの $\lambda/4$ 位相差板303R1、303R2を用いる場合にも、第1および第2の $\lambda/4$

位相差板303R1、303R2の光学軸は、図6に示す水晶の光学軸(Z軸)と同様に設定されていればよい。このとき、第1の $\lambda/4$ 位相差板303R1に入射したp偏光光(直線偏光光)は、円偏光光に変換されて射出され、第2の $\lambda/4$ 位相差板303R2に入射した円偏光光は、s偏光光(直線偏光光)に変換されて射出されることとなる。

【0078】このように、図7の $\lambda/2$ 位相差板303Rは、2つの $\lambda/4$ 位相差板303R1、303R2と置き換えることができる。なお、第3の液晶ライトバルブ300Bbの光射出面側についても同様である。

【0079】本実施例のように、2つの $\lambda/4$ 位相差板303R1、303R2を $\lambda/2$ 位相差板として用いても、第2実施例と同様の効果を奏する。すなわち、第1実施例において光射出面側の偏光板302Roを保持するためのガラス基板308Rを省略することができるとともに、偏光板302Roの発熱による温度上昇をかなり低減させることが可能となる。

【0080】なお、この発明は上記の実施例や実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

【0081】(1)上記の第1実施例(図4)では、第1の液晶ライトバルブ300Rの光射出面側に $\lambda/2$ 位相差板303Rが設けられているが、 $\lambda/2$ 位相差板303Rは、液晶ライトバルブの光入射面側に設けられていてもよい。この場合には、第1の液晶ライトバルブに入射するs偏光光が、 $\lambda/2$ 位相差板、p偏光透過用偏光板、液晶パネル、s偏光透過用偏光板の順に通過するように、液晶ライトバルブが構成されていればよい。このとき、液晶ライトバルブに入射するs偏光光は、 $\lambda/2$ 位相差板に入射してp偏光光に変換される。p偏光光は、p偏光透過用偏光板をほぼそのまま通過して、液晶パネルで変調される。液晶パネルは入射したp偏光光の一部をs偏光光に変換し、光射出面側に配置されたs偏光透過用偏光板からは、s偏光光のみが射出される。

【0082】なお、この場合にも、液晶ライトバルブの光入射面側に設けられたp偏光透過用偏光板は、第2実施例と同様に、 $\lambda/2$ 位相差板上に設けられているようにしてもよい。また、第3実施例と同様に、 $\lambda/2$ 位相差板に代えて2つの $\lambda/4$ 位相差板を用いるようにしてもよい。

【0083】このように、一般に、液晶ライトバルブは、その光入射面側と光射出面側とのうちの少なくとも一方に、水晶などの複屈折性結晶で形成された位相差層を備えていればよい。

【0084】(2)上記実施例では、図2に示すように、偏光発生光学系160として、複数の偏光分離膜64aを含む偏光ビームスプリッタアレイ64が用いられているが、これに代えて、偏光分離膜を1つのみ含む偏

光ビームスプリッタを用いるようにしてもよい。なお、この場合にも、偏光ビームスプリッタのp偏光光の射出面とs偏光光の射出面とのうちのいずれか一方に、水晶などの複屈折性結晶で形成された $\lambda/2$ 位相差板が設けられることとなる。

【0085】一般に、偏光発生部は、入射する光を2種類の偏光光に分離するための偏光分離部と、偏光分離部から射出される2種類の偏光光のうちの一方を他方に揃えるための位相差層とを備えていればよい。

【0086】(3)上記実施例では、図3に示す偏光発生光学系160の $\lambda/2$ 位相差層66bと、図4に示す第1および第3の液晶ライトバルブ300R、300Bの光射出面側に設けられた $\lambda/2$ 位相差板303R、303Gとに、水晶などの複屈折性結晶で形成された位相差板が用いられている場合について説明したが、プロジェクタ1000(図1)の他の部分に複屈折性結晶で形成された位相差板が用いられていてもよい。

【0087】一般に、本発明のプロジェクタとしては、照明光学系と投写光学系とを含む光路中に、入射する光の偏光状態を変更して射出するための位相差層を備えており、この位相差層が、複屈折性結晶で形成されているようなものであればよい。

【0088】(4)上記実施例では、透過型のプロジェクタに本発明を適用した場合を例に説明しているが、本発明は反射型のプロジェクタにも適用することが可能である。ここで、「透過型」とは、透過型液晶パネルのように光変調手段としての電気光学装置が光を透過するタイプであることを意味しており、「反射型」とは、反射型液晶パネルのように光変調手段としての電気光学装置が光を反射するタイプであることを意味している。反射型のプロジェクタにこの発明を適用した場合にも、透過型のプロジェクタとほぼ同様の効果を得ることができる。

【0089】(5)上記実施例では、プロジェクタ1000は、電気光学装置として液晶パネルを備えているが、これに代えて、マイクロミラー型光変調装置を備えるようにしてもよい。マイクロミラー型光変調装置としては、例えば、DMD(デジタルマイクロミラーデバイス)(TI社の商標)を用いることができる。電気光学装置としては、一般に、入射光を画像情報に応じて変調するものであればよい。

【0090】(6)上記実施例においては、カラー画像を表示するプロジェクタ1000を例に説明しているが、モノクロ画像を表示するプロジェクタにおいても同様である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用したプロジェクタを示す説明図である。

【図2】図1の照明光学系100を拡大して示す説明図である。

17

18

【図3】偏光発生光学系160を示す説明図である。

【図4】図1の液晶ライトバルブ300R、300G、300Bを拡大して示す説明図である。

【図5】水晶の結晶構造を示す説明図である。

【図6】第1の液晶ライトバルブ300Rの光射出面側に設けられた $\lambda/2$ 位相差板303Rを拡大して示す説明図である。

【図7】第2実施例における液晶ライトバルブ300Ra、300Ga、300Baを拡大して示す説明図である。

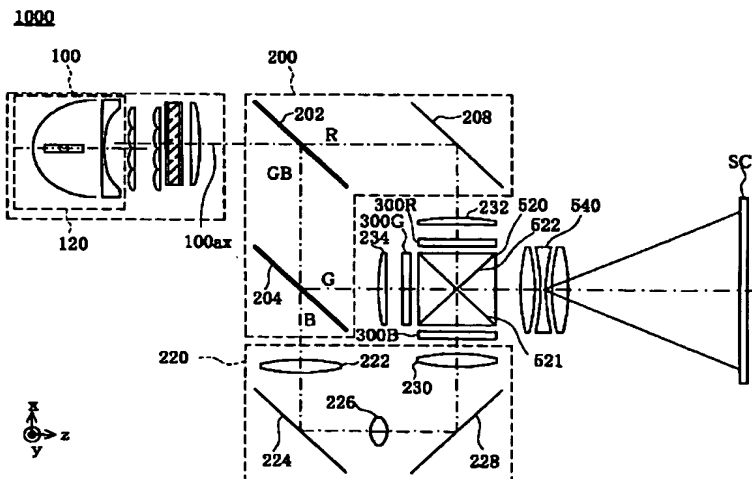
【図8】第3実施例における液晶ライトバルブ300Rb、300Gb、300Bbを拡大して示す説明図である。

【符号の説明】

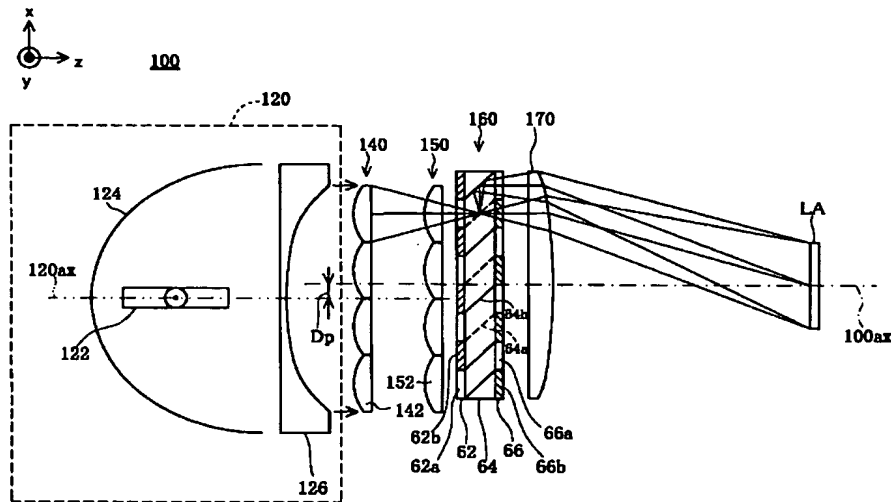
62…遮光板
62a…開口面
62b…遮光面
64…偏光ビームスプリッタアレイ
64a…偏光分離膜
64b…反射膜
64c…ガラス材
66…選択位相差板
66a…開口層
66b… $\lambda/2$ 位相差層
100…照明光学系
1000…プロジェクタ
100ax…システム光軸
120…光源装置
120ax…光源光軸
122…発光管
124…リフレクタ

*126…平行化レンズ
140、150…レンズアレイ
142、152…小レンズ
160…偏光発生光学系
170…重畳レンズ
200…色光分離光学系
202、204…ダイクロイックミラー
208、224、228…反射ミラー
220…リレー光学系
222…入射側レンズ
226…リレーレンズ
232、234、230…フィールドレンズ
300R、300G、300B…液晶ライトバルブ
300Ra、300Ga、300Ba…液晶ライトバルブ
300Rb、300Gb、300Bb…液晶ライトバルブ
301R、301G、301B…液晶パネル
302Ri、302Ro…偏光板
302Bi、302Bo…偏光板
302Gi、302Go…偏光板
303R、303B… $\lambda/2$ 位相差板（水晶基板）
307R、307G、307B…ガラス基板
308R、308G、308B…ガラス基板
520…クロスダイクロイックブリズム
521…赤色光反射膜
522…青色光反射膜
540…投写レンズ
S…表面
30 LA…照明領域
* SC…スクリーン

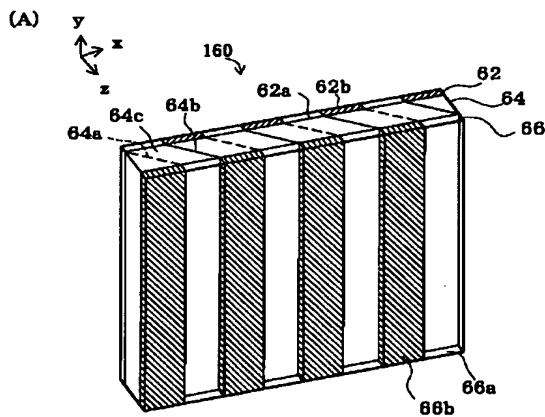
【図1】



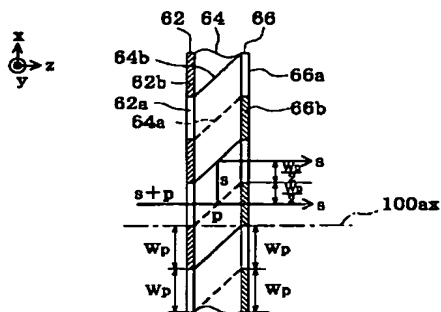
【図2】



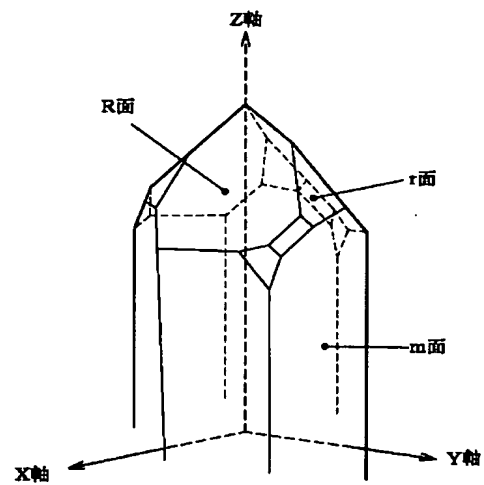
【図3】



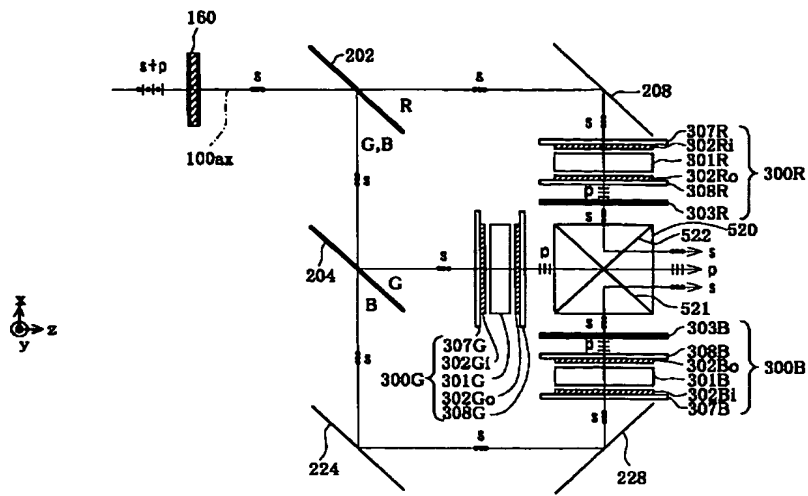
(B)



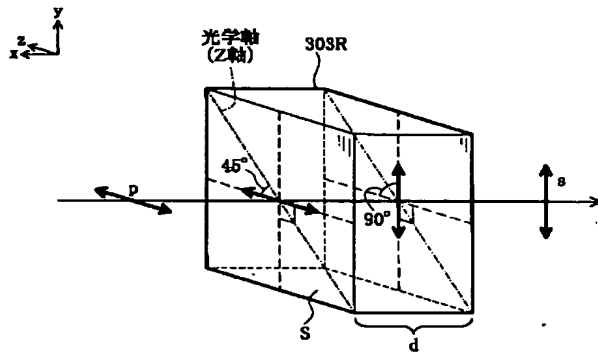
【図5】



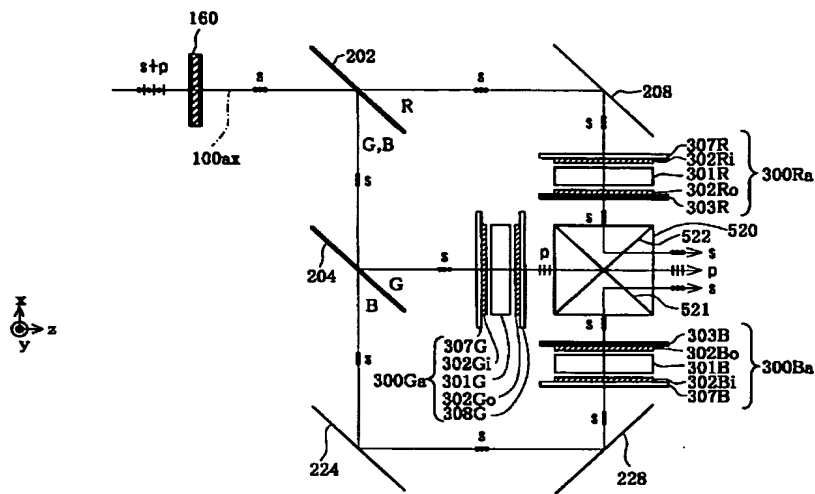
【図4】



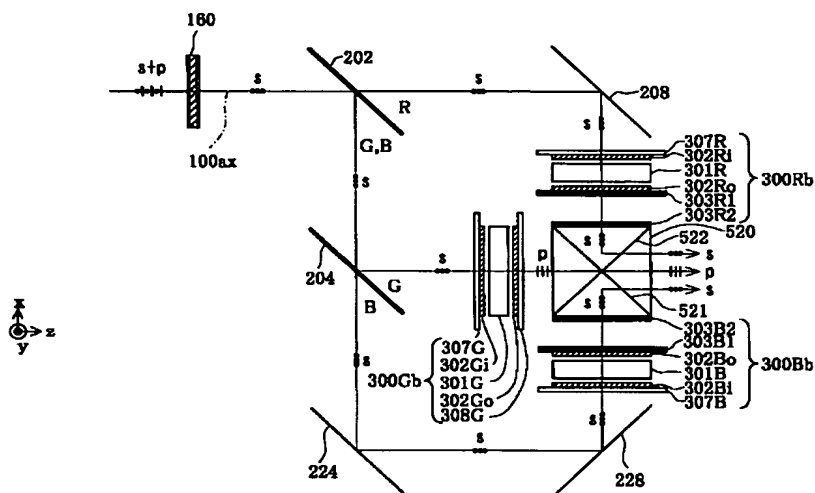
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

H04N 9/31

識別記号

F I

H04N 9/31

テーマコード (参考)

C

(72)発明者 加藤 久磨

長野県諏訪市大和三丁目3番5号 セイコ
ーエプソン株式会社内